

KAJIAN PENGARUH KONFIGURASI KELOMPOK TIANG TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH UNTUK PERKUATAN FONDASI JALAN DI TANAH GAMBUT

M. Yusuf¹⁾, Aryanto¹⁾

Abstrak

Dalam ilmu perbaikan tanah, telah dikenal beberapa metode perbaikan tanah baik yang bersifat primitif/tradisional maupun yang sudah menggunakan teknologi maju. Oleh karena pekerjaan pembangunan dibatasi biaya maka metode-metode perbaikan yang murah tetapi stabil masih memerlukan inovasi yang terus akan berkembang. Lagi pula, suatu metode perbaikan biasanya hanya cocok untuk kondisi tertentu antara lain menurut jenis tanahnya. Tanah gambut di Pontianak yang secara teknik tidak menguntungkan, telah diterapkan beberapa metode perbaikan/perkuatan tanah namun masih sering terjadi kegagalan sehingga masih memerlukan metode perbaikan yang efektif dan efisien dengan biaya yang minimal. Penelitian ini mengkaji metode perkuatan dengan tiang cerucuk yang divariasikan dengan berbagai formasi menurut panjang, jarak, diameter, dan jumlahnya dalam satu grup. Dari berbagai formasi tersebut, jumlah tiang dan diameter merupakan variabel yang paling menentukan. Dengan pendekatan bahwa beban ultimit berbanding linier terhadap variasi yang ditinjau diperoleh hubungan $P_u = 1497,217985 + 101,5289346N + 114,4953539D$. Setelah dilakukan uji pembebanan diperoleh bahwa beban ultimit hasil uji pembebanan hanya sebesar 20% dari beban ultimit menggunakan data uji laboratorium.

Kata-kata kunci: pelat beton, tanah gambut, tiang cerucuk, kelompok tiang, uji pembebanan

1. PENDAHULUAN

Kota Pontianak merupakan dataran rendah yang merupakan daerah rawa (lahan basah). Karena itu, tanah lapisan permukaan merupakan tanah lunak yang mengandung air lebih dari 60%. Dari segi ekosistem, tanah lunak ini sebenarnya berfungsi mengatur keseimbangan lingkungan, tetapi dari segi teknik, tanah lunak ini tidak menguntungkan karena mempunyai daya dukung yang sangat rendah. Hal ini menyulitkan para praktisi konstruksi di Pontianak, baik untuk merancang fondasi untuk mendirikan bangunan gedung maupun untuk bangunan infrastruktur. Untuk keperluan

ini, para praktisi konstruksi di Pontianak telah menerapkan fondasi pelat beton bercerucuk yang digunakan secara empiris dan masih populer hingga sekarang.

Pada bangunan infrastruktur khususnya konstruksi perkerasan jalan di Pontianak, telah dikenal sistem perkuatan fondasi dengan pemancangan tiang-tiang cerucuk, namun masih terjadi perbedaan penurunan sehingga jalan menjadi bergelombang. Pendekatan yang lebih logis telah pula diperkenalkan, yaitu dengan menggunakan pelat beton (rigid pavement) yang diperkuat dengan sejumlah tiang pancang cerucuk. Analisis

1) Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

perhitungan kekuatannya masih menggunakan rumus-rumus klasik tanpa melakukan uji pembebanan langsung di lapangan.

Secara teoritis, perhitungan daya dukung pelat beton bercerucuk berdasarkan rumus-rumus tiang pancang yang ada, tidak terlalu sulit karena telah diidealisasikan. Akan tetapi, probabilitas menjumpai kondisi di lapangan yang sesuai dengan pengidealisasian, sangat kecil. Setiap kasus di lapangan, hampir memiliki karakteristik tersendiri.

Pengujian daya dukung secara langsung di lapangan melalui uji pembebanan selama ini dianggap merupakan cara yang paling dipercaya. Akan tetapi, ini pun dengan catatan bahwa peralatan/sistem yang digunakan untuk pengujian tersebut dalam keadaan baik dan masih cukup akurat. Karena uji pembebanan merupakan cara yang lebih realistis maka dalam penelitian ini, penentuan daya dukung pelat beton bercerucuk dengan berbagai variasi konfigurasi tiang cerucuk, dilakukan dengan cara uji pembebanan.

Penggunaan tiang-tiang pancang cerucuk untuk perbaikan fondasi jalan cukup logis dikembangkan di tanah lunak atau gambut seperti di Pontianak. Peningkatan daya dukung tanah dengan pemancangan tiang-tiang cerucuk tersebut dapat disebabkan oleh lekatan selimut tiang dengan tanah yang menyelimutinya, ataupun disebabkan semakin padatnya tanah fondasi akibat penetrasi volume tiang ke dalam tanah, ataupun merupakan kontribusi kedua-duanya (lekatan dan

kepadatan). Untuk pelat beton bercerucuk, luas permukaan pelat juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan daya dukung. Bagaimanapun, sangat penting untuk diketahui, sifat manakah yang dominan (signifikan) memberikan kontribusi terhadap peningkatan kekuatan fondasi pada pelat beton bercerucuk. Jika sifat dominan adalah lekatan, maka perbaikan fondasi difokuskan pada panjang (kedalaman pemancangan) tiang. Jika sifat dominan adalah kepadatan tanah, maka perbaikan fondasi difokuskan pada volume (jumlah) tiang. Jika luas permukaan pelat yang dominan, maka perbaikan tanah fondasi menjadi tidak penting melainkan memfokuskan perhatian pada usaha memperkecil tekanan pada tanah fondasi, antara lain dengan memperlebar ukuran pelat – karena tekanan berbanding terbalik dengan luas permukaan – dan memperbesar kekakuan pelat sehingga beban kendaraan akan tersebar lebih merata ke seluruh permukaan pelat ketika diteruskan ke tanah fondasi.

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

- a) Penelitian dilakukan berdasarkan uji pembebanan langsung di lapangan.
- b) Tanah yang digunakan adalah tanah permukaan yang umumnya berupa tanah gambut.
- c) Pelat beton berukuran $1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ dengan tebal 12 cm.
- d) Variabel yang ditinjau adalah panjang tiang cerucuk, jarak tiang

cerucuk, jumlah tiang cerucuk, dan diameter tiang cerucuk.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan sensitivitas perubahan daya dukung ultimit pelat beton bercerucuk terhadap berbagai konfigurasi tiang-tiang cerucuknya berdasarkan hasil uji pembebanan. Dari perubahan-perubahan daya dukung tersebut didapatkan cara perkuatan fondasi terbaik untuk jalan beton menggunakan tiang cerucuk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Perbaikan Tanah

Prinsip usaha perbaikan tanah adalah menambah kekuatan lapisan tanah sehingga bahaya keruntuhan diperkecil. Seiring dengan perkembangan sarana dan prasarana kebutuhan untuk kehidupan manusia maka metode perbaikan tanah juga ikut berkembang dan bervariasi, dari metode yang tradisional hingga metode yang sangat maju. Namun pada dasarnya, setiap metode perbaikan tanah selalu bermaksud mencari alternatif perbaikan yang termurah dan kondisi stabil. Dalam praktiknya, usaha perbaikan tanah selalu mahal karena menyangkut perbaikan dalam jumlah volume yang besar, misalnya perbaikan tanah untuk pembangunan jalan raya, lapangan terbang, dan sebagainya.

2.2 Grup Tiang

Rendahnya daya dukung tanah di kota Pontianak, telah mengantarkan sistem fondasi pelat beton bercerucuk sebagai sistem fondasi yang paling populer di

kota ini. Umumnya, penggunaan tiang cerucuk selalu berupa grup (kelompok). Untuk fondasi telapak setempat, biasanya digunakan sembilan tiang cerucuk sebagai satu grup. Penggunaan cerucuk-cerucuk ini bisa dimaksudkan untuk memikul beban melalui lekatan kulit (permukaan selimut) cerucuk atau dikenal dengan tiang friksi yang dihitung menggunakan rumus-rumus tiang pancang, maupun sebagai metode untuk memadatkan tanah yaitu dengan memasukkan (penetrasi) sejumlah volume cerucuk tersebut ke dalam tanah. Metode yang kedua tersebut terbukti menambah daya dukung tanah akibat desakan tiang-tiang cerucuk yaitu meningkatnya berat volume, berat jenis, kohesi, batas plastis dan kuat geser, sedangkan kadar air, koefisien permeabilitas, batas cair, indeks plastis, sudut geser dan indeks tekanan semakin kecil (Purwoko dan Aprianto, 2007).

Penggunaan pelat beton bercerucuk sebagai konstruksi jalan di tanah gambut kini mulai dikembangkan di Pontianak (Lingga, 2007) kendati perancangannya masih menggunakan rumus-rumus statis yaitu rumus-rumus mekanika tanah yang diperkenalkan oleh para ahli mekanika tanah luar negeri. Penerapan konstruksi jalan bentuk ini di Pontianak perlu mendapat dukungan ilmiah melalui penelitian yang intensif, terutama berupa verifikasi eksperimental dengan uji pembebanan langsung di lapangan. Verifikasi dengan uji pembebanan langsung skala penuh (skala lapangan) terhadap konstruksi jalan beton bercerucuk, secara teknis dengan biaya

Tabel 1. Variasi variabel

Sampel	<i>L</i> (m)	<i>N</i>	<i>D</i> (cm)	<i>S</i> (cm)
1	2	9	5	30
2	3	9	5	30
3	4	9	5	30
4	4	16	5	30
5	4	9	8	30
6	4	9	12	30
7	4	9	15	30
8	4	4	5	30
9	4	4	5	60
10	4	4	5	90

yang murah sangat sukar dilakukan, melainkan dalam skala yang lebih kecil – sebagaimana dilakukan dalam penelitian ini – kemudian diekstrapolasikan ke skala yang lebih besar.

3. METODE PENELITIAN

Sebagai variabel dalam penelitian ini adalah panjang tiang (*L*), jumlah tiang (*N*), diameter tiang (*D*), dan jarak tiang (*S*). Variasi masing-masing variabel disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Uji Pembebanan

Uji pembebanan (*loading test*) ini bertujuan untuk mendapatkan kurva beban versus penurunan tanah yang diperlukan untuk menginterpretasikan daya dukung ultimitnya. Prinsip kerja cara pembebanan langsung adalah pelat uji dibebani dengan balok-balok beban. Balok-balok tersebut diletakkan di atas pelat uji dengan posisi sentris. Besarnya penurunan pelat diukur dengan

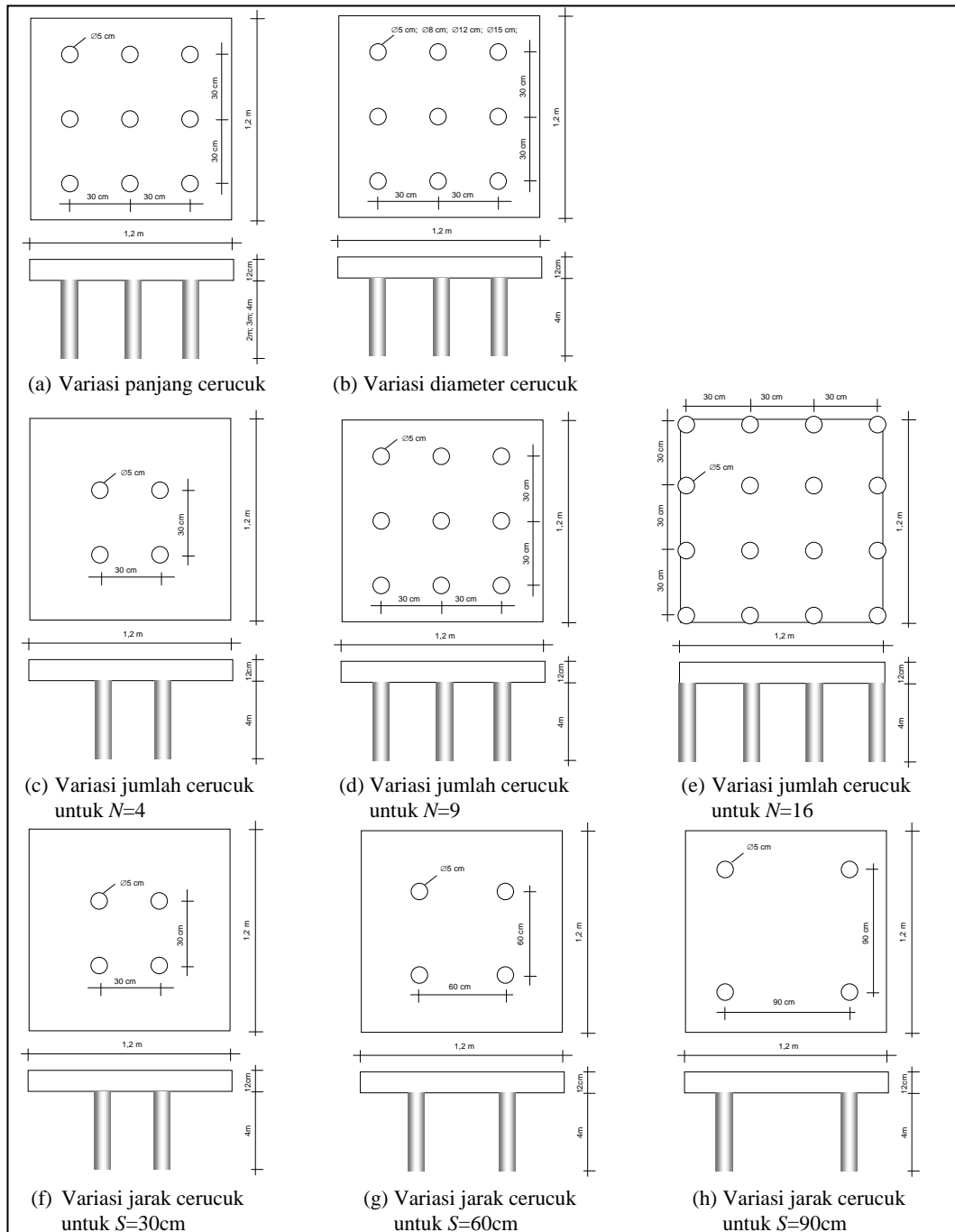
menggunakan tiga buah arloji ukur (*dial gauge*).

Setelah pelat beton mencapai kekuatannya (umur 28 hari) maka dilakukan uji pembebanan yang mengacu pada UFC (*Unified Facilities Criteria*) (UFC-3-220-03 FA) dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Persiapkan balok beban.
- 2) Pasang arloji ukur yang mempunyai ketelitian $\leq 0,30$ mm dan mengatur jarum dial pada posisi nol.
- 3) Terapkan beban sebesar tiga balok (berat per balok lebih kurang 30 kg).
- 4) Catat penurunan yang terjadi.
- 5) Ulangi dari langkah (3) hingga penurunan mencapai angka maksimum arloji ukur, atau pelat beton hancur, atau tanah runtuh, atau semua balok beban sudah digunakan.

Bentuk uji pembebanan langsung dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

*Kajian Pengaruh Konfigurasi Kelompok Tiang Terhadap Daya Dukung Tanah untuk Perkuatan
Fondasi Jalan di Tanah Gambut
(M. Yusuf, Aryanto)*



Gambar 1. Konfigurasi tiang cerucuk



Gambar 2. Metode pembebanan langsung

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Material

Tanah gambut di lokasi percobaan mempunyai ketebalan lebih dari 4 m. Dari hasil tes triaksial (Tabel 2) diperoleh nilai kohesi rata-rata sebesar $0,02 \text{ kg/cm}^2$ yaitu sekitar 10% dari kohesi tanah lempung lunak pada umumnya; sudut geser rata-rata sebesar $0,57^\circ$ sedangkan tanah lunak sekitar $5^\circ - 15^\circ$; dan berat volume rata-rata sebesar $0,93 \text{ gr/cm}^3$ yaitu sekitar setengah dari berat volume tanah lempung lunak.

Tabel 2. Sifat-sifat mekanik tanah lokasi percobaan

Kedalaman (m)	c (kg/cm^2)	ϕ ($^\circ$)	γ (gr/cm^3)
1	0,022	0,9417	0,931
2	0,023	0,1525	0,913
3	0,021	0,2216	0,907
4	0,012	0,9793	0,977

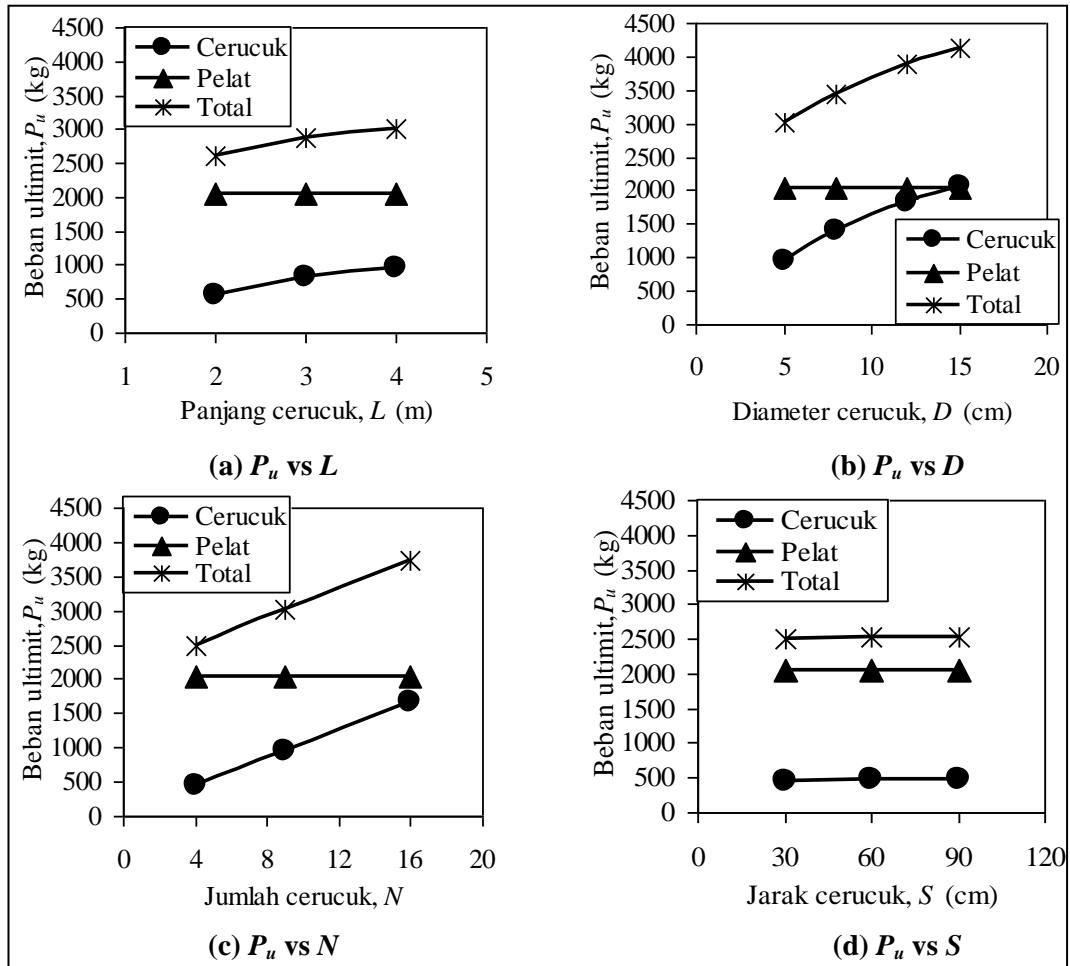
Semua pelat beton direncanakan menggunakan mutu beton yang sama yaitu 20 MPa yang dicor di tempat. Dari hasil tes tekan diperoleh bahwa mutu beton yang diperoleh sebesar 18,89 MPa.

Pada tiang cerucuk yang digunakan tidak dilakukan pengukuran yang akurat melainkan ukuran kisaran sesuai dengan ukuran di pasaran. Untuk diameter 5 cm, kisaran ukuran yang digunakan adalah 4,5 cm – 6 cm di mana profil memanjang berbentuk tirus (*taper*); untuk diameter 8 cm digunakan ukuran 7,5 cm – 9 cm; untuk diameter 12 cm digunakan ukuran 11 cm – 13 cm; untuk ukuran 15 cm digunakan 14 cm – 15,5 cm. Untuk panjang 4 m digunakan ukuran sekitar 3,8 m. Jenis kayu yang digunakan tidak seragam, namun sebagian besar jenis bintangor.

4.2 Daya Dukung dari Data Uji Laboratorium

Dengan data pada Tabel 2, daya dukung ujung dihitung dengan metode Meyerhof; daya dukung selimut dihitung dengan metode α di mana nilai α diambil dari rekomendasi API (*American Petroleum Institute*); efisiensi kelompok tiang dihitung dengan metode Converse-Labarre; dan daya dukung pelat dihitung dengan metode Meyerhof, maka diperoleh daya dukung untuk semua variasi seperti pada Gambar 3.

Gambar 3(a) menjelaskan bahwa penambahan panjang tiang untuk meningkatkan daya dukung pelat cukup signifikan. Seperti terlihat pada Gambar 3(a) tersebut, penambahan panjang tiang



Gambar 3. Beban ultimit dari data uji laboratorium

sebanyak 50% (dari 2 m menjadi 3 m) memberikan peningkatan beban ultimit sebesar 44,9%. Sementara itu, peningkatan panjang tiang 33% (dari 3m menjadi 4m) memberikan peningkatan beban ultimit sebesar 17%. Jika diambil faktor keamanan sebesar 3 maka daya dukung ultimit yang diperlukan, misalnya untuk kelas jalan IV (Tabel 3), sebesar $P_u = 3 \times 2000 = 6000$ kg. Dari Gambar 3(a),

untuk mendapatkan beban ultimit sebesar 6000 kg (ini dengan asumsi tanah masih homogen hingga kedalaman lebih dari 19 m) diperlukan tiang cerucuk dengan panjang lebih dari 19 m, yang sangat sulit untuk dipenuhi dengan menggunakan kayu cerucuk.

Gambar 3(b) memperlihatkan peningkatan daya dukung yang signifikan

Tabel 3. Tekanan gandar tunggal berdasarkan kelas jalan

Kelas jalan	Tekanan gandar tunggal (ton)
I	7
II	6
IIIa	3,5
IIIb	2,75
IV	2
V	1,5

terhadap peningkatan diameter cerucuk. Peningkatan diameter sebesar 60% (diameter 5 cm menjadi 8 cm) memberikan peningkatan daya dukung sebesar 45,8%. Untuk faktor keamanan sebesar 3 maka untuk kelas jalan IV diperlukan cerucuk berdiameter lebih dari 31 cm. Diameter cerucuk sebesar ini dengan jarak terbatas menjadi sangat sulit diaplikasikan.

Gambar 3(c) memperlihatkan perilaku yang linier antara peningkatan daya dukung ultimit terhadap jumlah cerucuk. Peningkatan jumlah cerucuk sebesar 125% memberikan peningkatan daya dukung sebesar 116%. Untuk faktor keamanan sebesar 3 maka untuk kelas jalan IV diperlukan jumlah cerucuk sebanyak lebih dari 38 batang. Ini hanya jumlah teoritis semata karena tidak mungkin lagi dapat disusun cerucuk sebanyak itu tanpa memperkecil jarak, sedangkan semakin dekat tiang cerucuk akan semakin rendah daya dukungnya.

Terakhir, Gambar 3(d) memperlihatkan bahwa semakin jauh jarak tiang akan

memberikan peningkatan daya dukung yang hampir tidak berarti.

Dari setiap gambar pada Gambar 3, tidak satu variasipun yang dapat diaplikasikan. Akan tetapi, masih memungkinkan adanya peningkatan daya dukung yang berarti dengan mengambil harga tertentu dari setiap variasi yang ditinjau.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa peningkatan P_u terhadap L , N , D , dan S cenderung linier. Jika P_u dibuat dalam fungsi L , N , D , dan S dengan analisis regresi linier berganda diperoleh

$$P_u = 748,5723547 + 199,6388349L + 101,5289346N + 114,4953539D + 0,0002334S \quad (1)$$

di mana L dalam m, D dalam cm, S dalam cm, dan P_u dalam kg.

Dengan menggunakan pendekatan dengan Persamaan (1), untuk $N=36$, $S=30$ cm, $L=3,75$ m, dan $D=8$ cm, dengan faktor keamanan sama dengan 3 maka diperoleh $P_u = 6068,229465$ kg ≈ 6 ton, cukup untuk jalan kelas IV. Untuk kelas jalan V diperoleh $N=25$, $S=30$ cm, $L=3,5$ m, dan $D=5$ cm yang memberikan $P_u = 4,5$ ton. Untuk kelas jalan IIIb diperoleh $N=64$, $S=30$ cm, $L=3,75$ m, dan $D=5$ cm yang memberikan $P_u = 8,5$ ton. Untuk kelas jalan yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa untuk kelas jalan I, II, dan IIIa tidak terdapat lagi dimensi cerucuk yang ekonomis.

Secara teoritis, untuk mencapai nilai P_u berdasarkan perkiraan menggunakan

Tabel 4. Perkiraan konfigurasi tiang cerucuk untuk berbagai kelas jalan

Kelas jalan	Beban gandar	P_u perlu	L	N	D	S	B	P_u ada
	ton	ton	m		cm	cm	m	ton
I	7	21	3,75	196	5	30	4,2	21,97
II	6	18	3,75	169	5	30	3,9	19,23
IIIa	3,5	10,5	3,75	81	7	30	2,7	10,52
IIIb	2,75	8,25	3,75	64	5	30	2,4	8,57
IV	2	6	3,75	36	8	30	1,8	6,07
V	1,5	4,5	3,5	25	5	30	1,5	4,61

Persamaan (1) terdapat berbagai kombinasi dimensi cerucuk. Akan tetapi, beberapa besaran (dimensi) cerucuk tertentu mempunyai batas yang maksimum, antara lain panjang (L) dan diameter (D). Sementara itu, variabel jarak (S) tidak berpengaruh signifikan terhadap beban ultimit (P_u). Karena itu, dengan ukuran pasaran untuk L sebesar 3,75m maka Persamaan (1) dapat disederhanakan menjadi

$$P_u = 1497,217985 + 101,5289346N + 114,4953539D \quad (2)$$

Perlu diperhatikan bahwa N pada Persamaan (2) harus berbentuk m baris cerucuk dan terdapat n batang cerucuk dalam tiap baris di mana m dan n adalah bilangan bulat dan harus pula m sama dengan n. Jadi, konfigurasi pemancangan tiang cerucuk harus membentuk bujur sangkar. Persamaan (1) atau Persamaan (2) juga sudah memperhitungkan daya

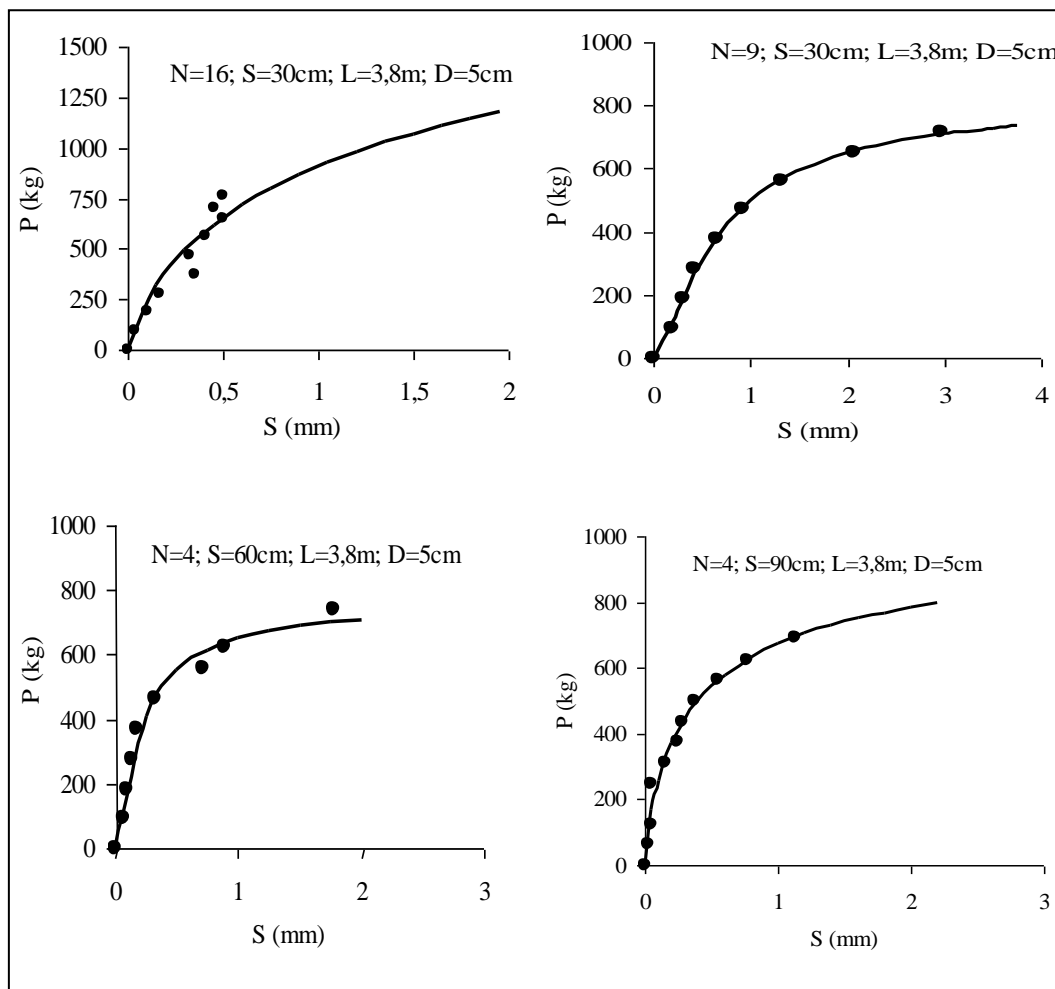
dukung yang disumbangkan oleh pelat beton, di mana lebih dari 50% daya dukung ultimit pelat beton bercerucuk tersebut disumbangkan oleh daya dukung ultimit pelatnya. Oleh karena Persamaan (1) atau Persamaan (2) diturunkan untuk pelat beton berukuran 1,2m × 1,2m maka untuk N yang memerlukan dimensi pelat lebih dari 1,2m × 1,2m akan memberikan daya dukung ultimit yang konservatif.

Pada Tabel 4 disajikan perkiraan nilai B (lebar pelat beton) yang diperlukan untuk $S=30$ cm. Merujuk ke PP Nomor 26 Tahun 1985, lebar minimum terkecil untuk jalan adalah 5 m yaitu jalan lokal sekunder. Dibandingkan dengan lebar jalan minimum perkiraan seperti dalam Tabel 4 maka dapat dikemukakan bahwa penggunaan tiang cerucuk untuk perkuatan fondasi jalan beton di atas tanah gambut dapat diterapkan.

4.3 Daya Dukung dari Data Uji Pembebanan

Data yang diperoleh dari hasil uji pembebanan berupa data diskrit beban (P) vs penurunan (S). Terhadap data tersebut dibuat analisis regresi nonlinier untuk mendapatkan kurva P vs S yang lebih mulus (lihat Gambar 4). Dari kurva

hasil analisis regresi ini kemudian diinterpretasi beban ultimitnya menggunakan metode tangen (perpotongan garis elastis dan plastis), metode $\log P - \log S$, dan metode Van der Veen. Perhitungan dengan metode Van der Veen menggunakan program komputer yang telah dikembangkan (Hadi dan Yusuf, 2007). Hasil



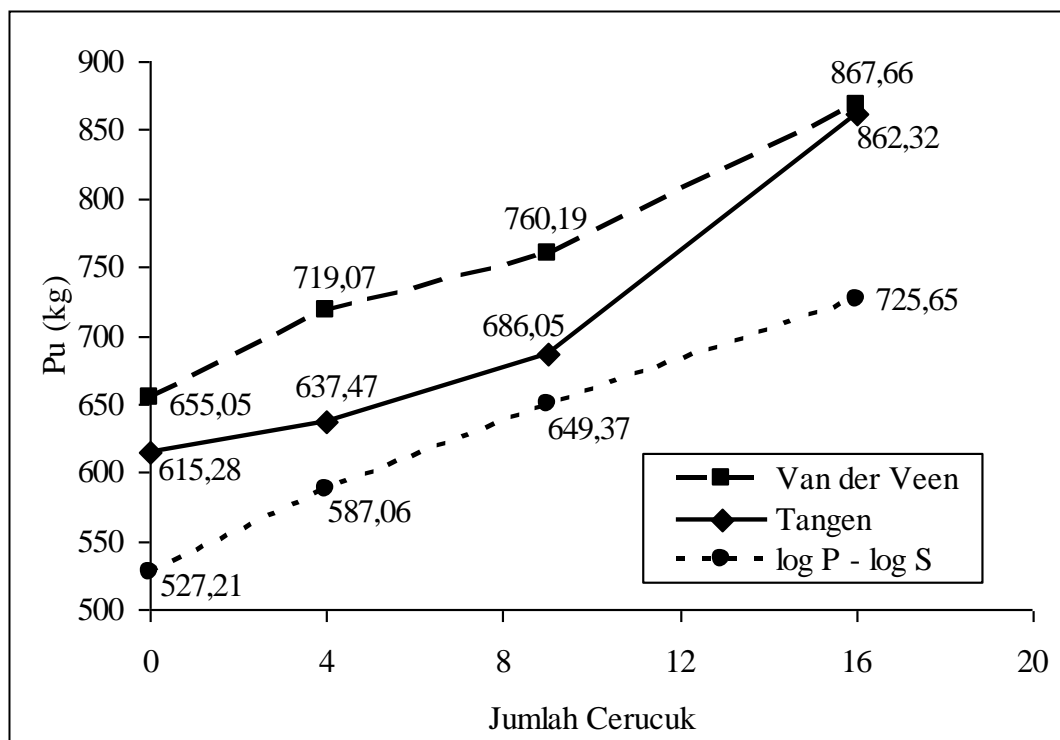
Gambar 4. Data hasil uji pembebanan

interpretasi beban ultimit dengan ketiga metode tersebut disajikan pada Gambar 5.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa memang ada peningkatan daya dukung pada pelat beton di atas tanah gambut dengan penambahan tiang cerucuk sebagaimana diharapkan. Walaupun perilaku hubungan P_u (beban ultimit) vs N (jumlah cerucuk) tidak seragam pada tiap metode interpretasi yang digunakan, namun kesemuanya memperlihatkan bahwa beban ultimit semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tiang cerucuk. Karena sifat-sifat mekanis tanah gambut sangat rendah maka

peningkatan daya dukung pelat beton dengan penambahan tiang-tiang cerucuk tersebut diperoleh dari peningkatan kepadatan tanah gambut di bawah pelat akibat penetrasi volume tiang cerucuk ke dalam tanah gambut. Peningkatan daya dukung ini tentu akan lebih signifikan lagi apabila dilakukan preloading sebelum pemancangan tiang cerucuk. Adanya pelat beton yang kaku ini tentu akan mengekang dari arah vertikal terhadap tanah gambut akibat penetrasi tiang-tiang cerucuk.

Dari ketiga metode yang digunakan diperoleh bahwa perhitungan beban



Gambar 5. Beban ultimit dari data uji pembebanan

ultimit hasil uji pembebanan hanya mencapai sekitar 20% dari beban ultimit hasil uji laboratorium. Artinya, nilai beban ultimit yang didapat dari data uji laboratorium sangat overestimate. Jika dikoreksi dengan beban ultimit hasil uji pembebanan maka beban ultimit hasil uji laboratorium harus dikoreksi dengan faktor 0,2.

5. SIMPULAN

Simpulan yang dapat dikemukakan dari hasil penelitian ini bahwa penggunaan tiang cerucuk pada pelat beton sebagai perkerasan kaku masih memungkinkan karena diperoleh adanya peningkatan daya dukung baik dari hasil uji laboratorium maupun dari hasil uji pembebanan. Namun demikian, beban ultimit hasil uji laboratorium harus dikoreksi dengan faktor 0,2 karena nilainya terlalu besar dibandingkan dengan hasil uji pembebanan. Dari empat variabel yang ditinjau, jumlah dan diameter tiang merupakan besaran yang paling menentukan terhadap peningkatan daya dukung.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang telah mendanai penelitian ini melalui Proyek I-MHERE (*Indonesia Managing Higher Education for Relevance and Efficiency*) Batch IV Tahun I.

Daftar Pustaka

- Hadi, Abdul dan Yusuf, M. 2007. Interpretasi Beban Ultimit Cara Van Der Veen dengan Pengembangan Program Komputer. *Jurnal Teknik Sipil*. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. 7 (2): 183-198.
- Lingga, Andry Alim. 2007. Kajian Bentuk Fondasi Menerus dengan Tiang Cerucuk di Atas Tanah Gambut pada Infrastruktur Jalan di Daerah Sungai Durian Rasau Jaya Kabupaten Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. 7 (2): 111-126.
- Purwoko, Budhi dan Aprianto. 2007. Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Akibat Pemancangan pada Tanah Lunak Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. 7 (1): 35-46.
- UFC-3-220-03 FA. *Soils and Geology Procedures for Foundation Design of Building and Other Structures* (Except Hydraulic Structures).